

Conference Paper, Published Version

Aigner, Detlef; Thumernicht, Sven

Geregelte Freigefälledruckleitungen zur Abwasserüberleitung

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103994>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Aigner, Detlef; Thumernicht, Sven (2002): Geregelte Freigefälledruckleitungen zur Abwasserüberleitung. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Innovationen in der Abwasserableitung und Abwassersteuerung. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 21. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 191-208.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Geregelte Freigefälldruckleitungen zur Abwasserüberleitung

Detlef Aigner und Sven Thumernicht

Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, TU Dresden

Kurzfassung: Die Abwasserüberleitung mit Hilfe frei verlegter Druckleitungen macht eine Regelung des Abwasserstromes unumgänglich. Das Abwasser fällt diskontinuierlich an, seine Weitergabe - z.B. an eine Kläranlage - wird durch Randbedingungen begrenzt, Mindestfließgeschwindigkeiten sollen eingehalten werden und kurzzeitige Spülungen werden erforderlich. Die Regelung des Abwasserstromes bedeutet einen zyklischen Betrieb mit Stillstand der Wassermasse in der Rohrleitung. Somit kann es durch Ablagerungen und Ansammlungen von Sedimenten oder durch eingeschlossene Luft zu Einschränkungen beim Transport kommen.

Abstract: It is unavoidable to regulate sewers built as freely placed gravity lines. Due to the unconstant wastewater seizure, the transportation (e.g. to a wastewater treatment plant) is limited by several conditions. Leastways velocities and flushings are to obey. The regulation of a wastewater flow means a cyclic run with stagnancy periods of the wastewater in the pipe. So the transportation process may be limited by settlings and accumulations of sediments or by enclosed air pockets.

1 Veranlassung der Untersuchungen

Im Juni 2000 wurde die zentrale Kläranlage Zschopau bei Chemnitz in Betrieb genommen. Die neu gebaute Aufbereitungsanlage ersetzt die ehemaligen Kläranlagen Zschopau Süd und Zschopau Ost. Das dort ankommende Abwasser muss nun zur tiefer liegenden neuen Kläranlage übergeleitet werden. Wegen der topografischen Bedingungen und der Stadtlage kamen Freispiegelkanäle für diese Überleitung nicht in Frage. Es wurde der Einsatz von Freigefälldruckleitungen erwogen. Auf Anregung von Herrn Caspar vom Staatlichen Umweltfachamt Chemnitz wurde ein durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie finanziertes Forschungsprojekt an der Technischen Universität Dresden, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, ins Leben gerufen. Im Rahmen einer Studie wurden erste Erkenntnisse zu den Einsatzmöglichkeiten von Freigefälldruckleitungen zusammen getragen und damit die Überleitungen zur zentralen Kläranlage Zschopau als solche geplant.

Eine dieser geplanten Leitungen wurde als Freigefälledruckleitung realisiert. Im Rahmen des im Herbst 2000 begonnenen Forschungsprojektes wurden Untersuchungen an einem Modell zum zeitabhängigen Luftaustrag und eine begleitende Auswertung der erfassten Messwerte an der geregelten Freigefälledruckleitung in Zschopau durchgeführt.

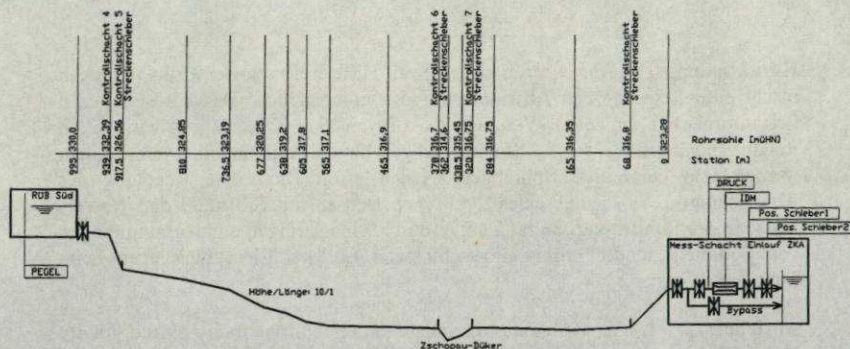


Abbildung 1: Anlage Zschopau als System

Das Ziel der Untersuchungen ist die Ermittlung von Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz von Freigefälledruckleitungen (und damit die Verbesserung der Planungssicherheit solcher Anlagen) und die Erarbeitung einer Betriebsvorschrift zur Gewährleistung höchst möglicher Sicherheit für deren Betrieb.

2 Randbedingungen

2.1 Dimensionierung der Freigefälledruckleitung

Grundlage für den Einsatz einer Freigefälledruckleitung ist das Vorhandensein einer ausreichenden Energiehöhe, die es ermöglicht, mit der ausgewählten Leitung eine ausreichende Geschwindigkeit bei voll geöffneten Schiebern (Spülgeschwindigkeit größer 1 m/s, für eine Schubspannung von 4 N/m² etwa 1,27 m/s) zu erreichen. Randbedingung für den Betrieb ist einerseits die Mindestfließgeschwindigkeit (hier geht man in der Praxis von mindestens 0,5 m/s aus) und andererseits die maximale Aufnahmekapazität (z.B. der Kläranlage) bzw. der erforderliche mittlere Bemessungsabfluss. Die Abhängigkeiten zwischen

Energiehöhe h_E , Rohrlänge L , Rohrdurchmesser d , Rohrmaterial (Reibung λ) und sonstige Energieverluste ζ (Einlauf, Krümmer, Schieber) sowie der Geschwindigkeit v bzw. Durchfluss Q basieren auf der Energiegleichung nach Bernoulli und sind in Gleichung (1) dargestellt.

$$Q = A \cdot v = A \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot h_E}{\lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \zeta}} \quad \lambda = \lambda \left(\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}, \frac{k}{d} \right) \quad (1)$$

$$\zeta_{\text{Schieber}} = \zeta \left(\frac{s}{d} \right)$$

Fällt die Drucklinie der Leitung unter den Hochpunkt, dann kommt es zum Unterdruck und die Strömung kann abreißen. Die Notwendigkeit einer Belüftung des Hochpunktes muss geprüft werden. Mit einer Belüftung verändern sich die hydraulischen Bedingungen dieser Leitung entscheidend. Hier hilft manchmal auch die Druckanhebung am Ende der Rohrleitung durch künstliche Widerstände, z.B. gedrosselte Schieber.

2.2 Diskontinuierlicher Abwasseranfall

Wegen des schwankenden Abwasseranfalls einerseits und des geregelten Durchflusses andererseits ist ein Puffer am Einlauf der Rohrleitung erforderlich. Ohne Puffer und Regelung am Ende der Rohrleitung, fielen Rohrabschnitte teilweise trocken, die Drucklinie könnte unter die Hochpunkte der Leitung absinken und die Fließgeschwindigkeit würde über einen längeren Zeitraum unter den Mindestwert abfallen. Bei Mischwasserkanälen ist außerdem ein Regenabschlag am Einlauf erforderlich, da die Kapazität der Druckrohrleitung begrenzt ist.

2.3 Lufteinschluss, Lufttransport, Be- und Entlüftung

Beim Verlegen einer Freigefälledruckleitung in freier Trassierung können Hoch- und Tiefpunkte entstehen. Sich abwechselnde Hoch- und Tiefpunkte reagieren bei Lufteinschluss ohne die Möglichkeit einer Entlüftung wie kommunizierende Gefäße. Dabei baut sich in der einem Hochpunkt folgenden Gefälleleitung eine Gegendruckhöhe auf. Sammelt sich nach mehreren Hochpunkten in den fallenden Leitungen Luft, dann summiert sich dieser Gegendruck. Er führt zur Anhebung der Drucklinie um diesen Wert und im Extremfall zur Verhinderung des Fließprozesses. Der verminderte Abfluss durch ein teilgefülltes Rohr lässt

sich berechnen und über den Vergleich mit dem möglichen Luftaustrag entscheiden, ob Entlüftungen notwendig sind. Automatische Be- und Entlüftungsventile führen bei Abwasser oft zu Verstopfungen, so dass möglichst auf hand- bzw. nach Bedarf betriebene Entlüftungen zurückgegriffen werden sollte.

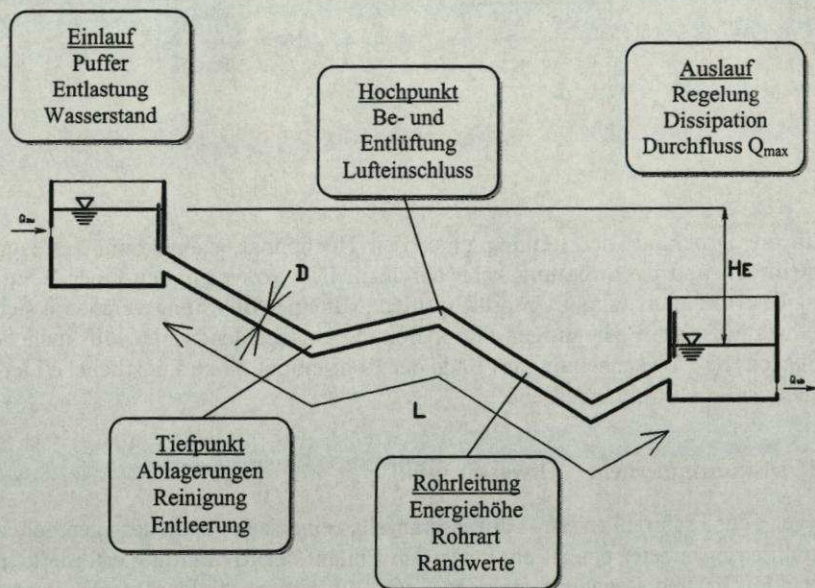


Abbildung 2: Bemessung einer Freigefälledruckleitung

2.4 Stofftransport und Ablagerungen

Der Transport von Abwasser oder Mischwasser ist immer mit dem Transport von Inhaltsstoffen verbunden. Grosse bzw. sperrige Materialien, die zum Zusetzen der Druckleitung führen könnten, sollten bereits am Einlauf durch Grobrechen aufgehalten werden. Das bedeutet zusätzliche Wartung durch den Betreiber. Feinere Inhaltsstoffe, sofern nicht über einen Sandfang bereits aufgefangen, gelangen in die Druckleitung und führen bei Unterschreitung der Mindestfließgeschwindigkeit, z.B. bei Stillstand, zu Ablagerungen. Zur erneuten Mobilisierung dieser Ablagerungen darf die Geschwindigkeit nicht zu klein und die Stillstandszeit nicht zu lang sein. Richtwert sind z.B. die Erfahrungswerte beim Betrieb von Abwasserpumpstationen. Die Drosselung von Einlauf-

schiebern zur Verringerung des Zulaufquerschnittes führt zum Absinken der Drucklinie und damit zu Saugerscheinungen und Unterdruck.

Bei längeren Ablagerungen kommt es zu Fäulnisprozessen und zur Gasbildung. Zur Verhinderung von Ablagerungen sollten Mindestfließgeschwindigkeiten eingehalten, Regelzyklen nicht zu lang gewählt werden und die Erzeugung von Spülgeschwindigkeiten möglich sein.

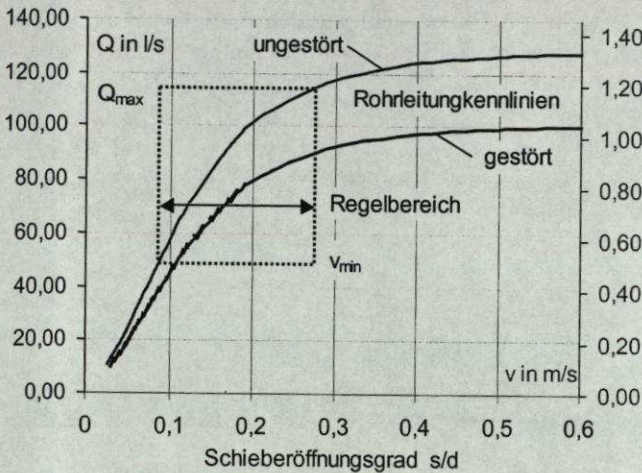


Abbildung 3: Hydraulische Randbedingungen

2.5 Regelung der Freigefälldruckleitung

Um o.g. Randbedingungen einzuhalten, macht sich eine Regelung der Freigefälldruckleitung erforderlich. Der dafür notwendige Regelkreis schließt die Randbedingungen Mindestfließgeschwindigkeit, maximaler Durchfluss, Wasserstände am Zulauf (Puffer) und eventuelle feste Spülzeiten oder Überschreitungen bei Regenereignissen sowie andere Randbedingungen mit ein.

Veränderungen der Rohrleitungskennlinie, z.B. ein erhöhter Fließwiderstand infolge Ablagerungen oder Lufteinschlüsse, führen zur Veränderung des Regelbereiches und können über den Zusammenhang zwischen gemessenen Durchfluss- und Druckwert kontrolliert werden.

3 Modelluntersuchungen zum Luftaustrag

Im unbelüfteten Hochpunkt kann sich Luft ansammeln und diese damit zur Behinderung und zur Verringerung des Abflusses in Freigefälledruckleitungen führen. Luftansammlungen können bei ausreichender Geschwindigkeit ausgetragen werden. Bisherige Untersuchungen betrachteten stets einzelne Luftblasen eines definierten Volumens. Dabei ermittelte z.B. Kalinske eine Geschwindigkeit, bei der am Ende der Blase ein Wechselsprung auftritt. Zukoski führte wiederum Versuche zur Blasenauftiebggeschwindigkeit durch. Andere (Kent, Gandenberger, Wiesner, Bollrich, Walther/Günthert) geben eine Selbstentlüftungsgeschwindigkeit an.

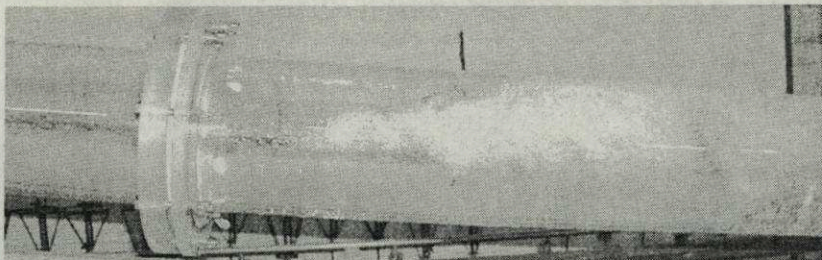


Abbildung 4: Wechselsprung am Ende einer Lufttasche

Bei geregelten Freigefälledruckleitungen liegen die Regelzeiten bei einigen Minuten bis zu einer Stunde. Ob innerhalb dieser Zeitfenster ein vollständiger Luftaustrag möglich ist, wurde bei den im Hubert-Engels-Labor der Technischen Universität Dresden durchgeführten Versuchen untersucht.

Die im oberen Bild gezeigte Versuchsleitung mit einem Innendurchmesser von 190 mm ist aus Plexiglas und etwa 22 m lang. Sie wird über eine frequenzgesteuerte Pumpe versorgt und ist am Ende mit einem Regelschieber ausgerüstet. Am Hochpunkt befindet sich eine Be- und Entlüftung. Die Steuerung der Pumpe erfolgt druckabhängig, so dass naturnahe Bedingungen - d.h. ein Vor- druck wie bei einem Behälter - eingestellt werden können (siehe Abb.10). Mit dem Beginn der Versuche wurde am Hochpunkt ein festgelegtes Luftvolumen (bei Luftdruck) eingeschlossen. Nach dem Hochregeln der Pumpe stellte sich in der Leitung der festgelegte Überdruck (Regeldruck) ein und durch das Öffnen des Endschiebers wurde der Durchfluss eingestellt. Für die verschiedenen

Schieberstellungen, sprich Durchflüsse, wurde das Luftaustragsvolumen nach einem festgelegten Zeitfenster von mehreren Minuten bis zu einer Stunde aus der Differenz der eingeschlossenen Luftvolumina ermittelt. Da das (durch die Rohrlänge begrenzte) Luftvolumen bei höheren Geschwindigkeiten schnell ausgetragen war, wurde ab rd. 1 m/s dazu übergegangen, die Zeit von Austragungsbeginn bis zum vollständigen Luftaustrag zu messen und über das definierte Anfangsvolumen den Luftstrom zu bestimmen.

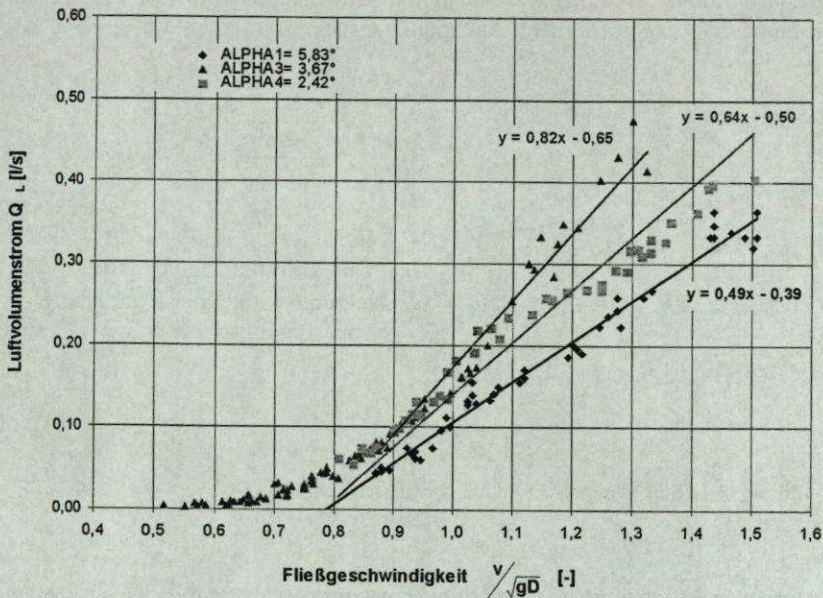
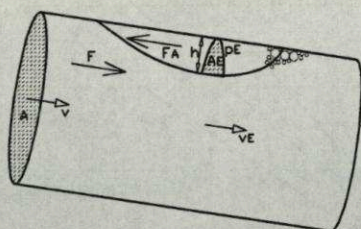


Abbildung 5: Luftvolumenstrom in Abhängigkeit von der dimensionslosen Geschwindigkeit und der Rohrneigung

Die Abbildung 5 zeigt deutlich die Abhängigkeit des Austragsvolumens pro Zeit von der Rohrneigung und der Fließgeschwindigkeit. Ein plötzlicher Luftaustrag, das heißt ein „Ausblasen“ der Lufttasche in einem Zug, konnte nicht beobachtet werden. Dieser Prozess war immer zeitabhängig. In den Versuchen wurde festgestellt, dass der Transport kleiner Luftblasen, die am Ende einer großen Blase in das Wasser infolge der hohen Turbulenz eingeschlagen werden, bereits bei kleineren Strömungsgeschwindigkeiten beginnt. Diese kleinen Blasen (sogenannte „minor bubbles“) sammeln sich zu größeren Blasen, deren Bewegung langsamer wird und schließlich entsteht eine etwa faustgroße Blase,

die nicht mehr mit der Strömung transportiert wird, sondern sich entgegen der Strömungsrichtung nach oben bewegt und mit den oberhalb liegenden größeren Blasen zusammenfließt.

Der theoretische Zusammenhang dieser Beobachtung kann über ein Gleichgewicht der Kräfte aus Auftrieb und Strömungswiderstand ermittelt werden und führt zu Gleichung (2) der Gleichgewichtsgeschwindigkeit bei der die Blase sich nicht bewegt. Ist die Strömung in der Rohrleitung größer, wird die Blase transportiert und ausgetragen, ist sie kleiner, bewegt sich die Blase entgegen der Strömungsrichtung wieder zum Hochpunkt zurück.



$$v = \sqrt{2g \frac{V_L \cdot \sin \alpha}{A_E \cdot c_w}} \cdot \left(1 - \frac{A_E}{A}\right) \quad (2)$$

V_L – Blasenvolumen

A_E – Querschnittsfläche der Blase

α – Neigungswinkel der Rohrleitung

c_w – Umströmungsbeiwert

Abbildung 6: Bewegung der Luftblase, theoretischer Ansatz

Bemerkenswert ist hierbei, dass ab einer bestimmten Neigung der ausgeprägte Wechselsprung am Ende der Blase nicht mehr auftritt, da im Bereich der Querschnittsverengung kein Übergang zum Schießen statt findet. Auf Grund dessen fällt der c_w -Beiwert stark ab. Das führt zu der - auf den ersten Blick widersinnigen - Erscheinung, dass ab einer bestimmten geringeren Neigung der Luftvolumenstrom wieder schwächer wird.

Einzelne, still stehende Blasen, konnten fotografiert, eingelesen, in einem 3D-Modell nachgebildet und vermessen werden. Die Anzahl der vermessenen Einzelblasen beträgt 307. Dabei ist eine eindeutige Beziehung V_L/A_E (für alle Gefälle gleich) nachweisbar. Die Ergebnisse, eingesetzt in Gleichung (2), stimmen mit den Trendlinien (aus der v - V_L - Beziehung ermittelt) sehr gut überein. Dabei variiert der c_w -Wert entsprechend der Neigung.

4 Untersuchungen an der Freigefälledruckleitung in Zschopau

4.1 Aufbau und Funktionsweise

Die Gefälledruckleitung wird über ein vorgeschaltetes Regenüberlaufbecken (Fangbecken im Hauptschluss) gespeist. Die Leitung weist eine Länge von ca. 1000 m bei einem Höhenunterschied zwischen Ein- und Auslauf von ca. 10 m auf und unterquert dabei die Zschopau. Sie wurde in PE-HD 280x25,5 (DN230) verlegt und endet in einem Schachtbauwerk. Elektrisch angetriebene Absperrarmaturen in Verbindung mit einem Magnetisch-Induktiven Durchflussmesser dienen zur Einhaltung der maßgeblichen Betriebsbedingungen (siehe Abb. 1).

Die Armaturen erfüllen dabei im Wesentlichen die folgenden Funktionen:

Sinkt der Durchfluss unter den für die erforderliche Mindestfließgeschwindigkeit maßgeblichen Wert, schließt die Regulierarmatur 1 (Blendenregulierschieber), bis die in das vorgeschaltete RÜB integrierte Vorlage gefüllt ist. Anschließend öffnet die Armatur. Mit der Sicherstellung einer Mindestfließgeschwindigkeit von 0,7 m/s konnte auf die in der DIN EN1671 empfohlene Druckluftspülung verzichtet werden.

Bei einem Regenereignis, verbunden mit Füllung des RÜB, würde der Durchfluss den Wert von Q_m übersteigen und damit zu einer überhöhten hydraulischen Belastung der ZKA führen. In diesem Fall arbeitet der Blendenregulierschieber als Abflussbegrenzer und stellt eine maximale Fließgeschwindigkeit von 1,4 m/s sicher. Beim Einsatz von Regulierschiebern im Abwasser sollte zur Vermeidung von Verstopfungen der freie Querschnitt einen Wert von 10 bis 15 cm nicht unterschreiten [Hager]. Dies erforderte den Einsatz eines zweiten, in Reihe geschalteten Drosselschiebers, so dass der erforderliche Druckabbau auf beide Armaturen verteilt werden kann.

Ein dritter (gehäuseloser) Absperrschieber sollte schließlich zum gesteuerten Aufbau eines Wasserpollsters im Auslaufschacht der Gefälledruckleitung dienen. Dieser Gegendruck wird aufgebaut, um einem Druckabfall in den beiden Regulierarmaturen entgegenzuwirken. Bei Gefahr von Verstopfungen würde dieses Polster automatisch abgelassen, wodurch eine zusätzliche Druckdifferenz von ca. 1,3 m aktiviert werden kann, um die Leitung freizuspülen.

Außerdem wurden die folgenden Abläufe in die Steuerung implementiert:

- Verlegungserkennung mit anschließender Beseitigung der Leitungsverlegung (mehrmaliges vollständiges Öffnen und Schließen der Schieber).
- Spülung der Leitung durch Erzeugen eines Aufstaus in der Vorlage.

Die genannten Funktionen werden durch ein Zeitglied überlagert, womit Speicherzeiten größer als 2 Stunden vermieden werden.

4.2 Inbetriebnahme und erste Betriebsergebnisse

Die Anlage wurde im Juni 2000 in Betrieb genommen und arbeitet seither ohne Probleme. Das Wasserpölster im Mess- und Regelschacht wurde bis jetzt nicht eingesetzt.

Problematisch war im Einfahrbetrieb insbesondere das Schwingen der Wassersäule, verbunden mit ständigem Öffnen und Schließen der Hauptregulierarmatur. Die erforderliche Dämpfung konnte durch Nachjustierung der Trägheit des Regelkreises erreicht werden. Um einen unerwünschten Lufteintrag auszuschließen, muss die Überdeckung des Eintrittsquerschnittes hinreichend groß gewählt werden. Dabei sollte auch das mögliche Schwingen des Leitungsinhaltes Berücksichtigung finden.

Mitte November 2001 trat der erste Störfall auf: die Gelenkwelle vom Antriebsmotor zum Blendenregulierschieber brach. Der (manuelle) Betrieb über den Bypass erwies sich als problemlos. Nach Ansicht des Autors war der Bruch weniger auf die Dauerbelastung als eher auf einbaubedingte Spannungen in der Kardan- Gelenkwelle zurück zu führen.

4.3 Datenauswertung

Nach Rücksprache mit dem Betreiber werden Online- Messwerte an die TU Dresden übermittelt. Neben der Zeit können vom Betreiber die Daten von 4 Sensoren aufgezeichnet werden, z.B. Durchfluss, Wasserstand im RÜB_{Süd} (Pegel), Druck vor dem Auslaufschieber und als vierter Wert die Position des Schiebers Nr. 1.

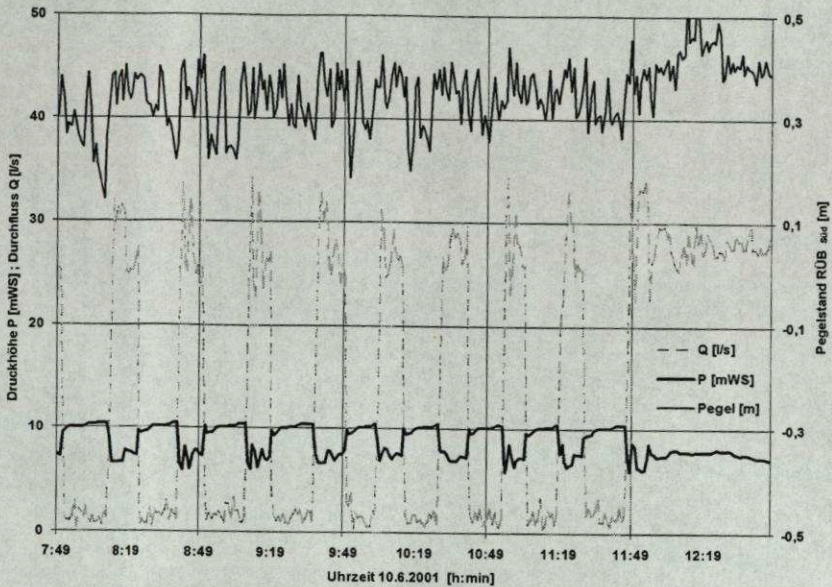


Abbildung 7: Diagramm mit Messwerten zum Regelbetrieb
(Werte für Q und P vor Regelschieber am Auslass)

Die Aufzeichnung der Pegelwerte schwankt offensichtlich ohne Einfluss auf die zur Verfügung stehende Druckhöhe. Deshalb wurde nach Auswertung der ersten Daten vom Dezember 2000 dazu übergegangen, die statischen Drückhöhen bei geschlossenem Schieber zwischen Beginn und Ende eines Ereignisses linear zu interpolieren. Bei Annahme einer Summe der Einzelverluste wie in der Planung ($\Sigma\zeta = 5$) ergab sich nach Auswertung der ersten Daten eine Rohrrauheit von 0,6 mm. Das entspricht ungefähr einer alten Betonleitung und nicht einem neuen PE-HD- Rohr (Herstellerangabe: $k_b = 0,1$ mm). Auf Anfrage beim Betreiber zeigte sich, dass der Einlaufschieber zu 50 % geschlossen wurde, um sperrige Materialien abzuhalten. Leider ist es dadurch nicht mehr möglich, aus den aufgezeichneten Daten auf eine Rohrrauheit zu schließen, da für Verschlussorgane im Allgemeinen keine Verlustbeiwert- Kennlinien aufgenommen werden und der genaue Einzelverlust des Schiebers nicht bekannt war. Somit wird für alle Datenreihen entweder eine mittlere Rohrrauheit bei angenommener Summe aller Einzelverluste oder eine Summe aller Einzelverluste bei angenommener Rohrrauheit angegeben.

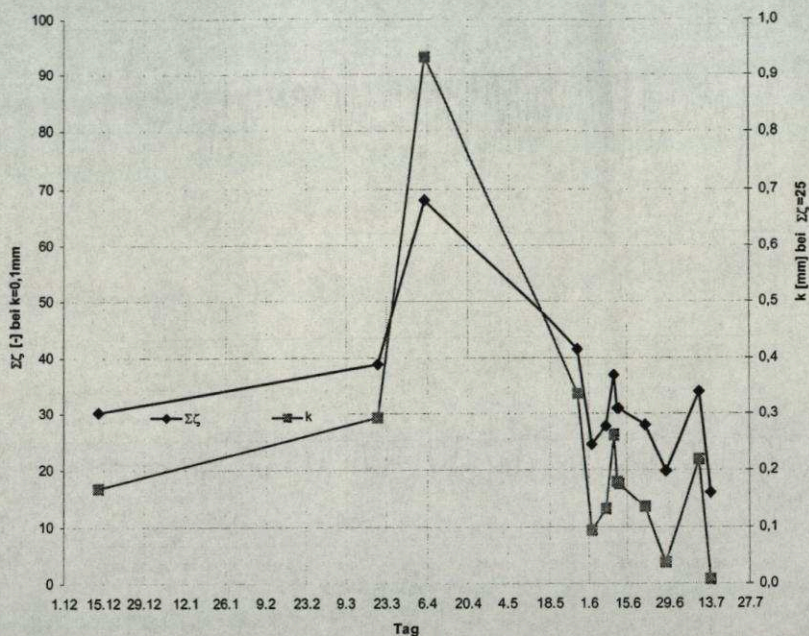


Abbildung 8: Diagramm mit Messwerten zur Widerstandsveränderung

Da auszuschließen ist, dass sich die Rauheit innerhalb von Monaten oder Wochen maßgeblich ändert, sind die Änderungen als örtliche Verluste, hervorgerufen durch Ablagerungen, anzusehen. Die Datenauswertung in Abbildung 8 zeigt, dass Anfang April eine offensichtlich drohende Verstopfung durchgespült wurde, die zu einer Verringerung der Gesamtverlusthöhe führte.

Um die Verlusthöhe abschnittsweise bestimmen zu können, wurden weitere Untersuchungen mit Druck- und Durchflussmessungen an den vier Kontrollschächten mit Streckenschieber durchgeführt. Beispielhaft ist hier die Entwicklung der Verlusthöhe in Abbildung 9 dargestellt (mittlere graue Kurve). Deutlich ist zu erkennen, dass beim Fahren des Spülprogramms (Dauerdurchfluss) eine Störung aufgetreten ist und wahrscheinlich ein Austrag von Ablagerungen stattgefunden hat.

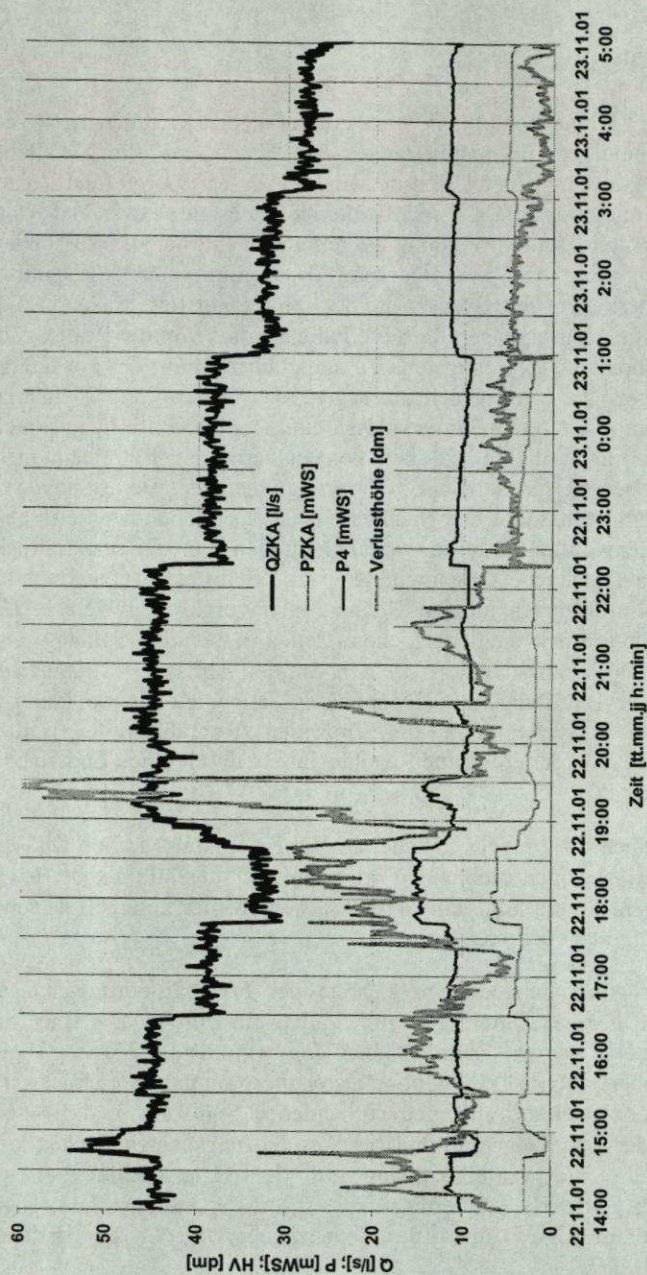


Abbildung 9: Datenauswertung geregelte Freigefälldruckleitung KA Zschopau

5 Zusammenfassung

Die hydraulische Dimensionierung von Freigefälledruckleitungen ist auf Grundlage des heutigen Erkenntnisstandes möglich. Sind die Gefällebedingungen ausreichend und bietet sich der Einbau dieser Energie und Kosten sparenden Überleitungsvariante an, dann sollte sie auch zur Anwendung kommen. Die in der praktischen Anwendung aufgetretenen Probleme, insbesondere die Abflussverringerung bzw. Verhinderung durch Lufteinschlüsse, führten jedoch zu Unsicherheiten und Skepsis. Leider fehlt es in der Praxis an ausreichenden Berechnungsgrundlagen für diese Fälle, so dass von der Realisierung meist Abstand genommen und eine sichere Pumpenüberleitung der Freigefälledruckleitung vorgezogen wird. Auch Aussagen, dass Hoch- und Tiefpunkte unterhalb der hydraulischen Drucklinie zulässig und Be- und Entlüftungen nicht erforderlich sind, tragen nicht dazu bei, den Planern und Betreibern mehr Sicherheit zu geben. Grundsätzliche Forderung bei der Bemessung von Freigefälledruckleitungen sollte der Nachweis einer ausreichenden Restdruckhöhe bei maximalem Luftanteil in den Gefälleleitungen sein. Diese Restdruckhöhe muss eine ausreichende Geschwindigkeit zur Selbstentlüftung erzeugen oder es müssen Entlüftungen an den Hochpunkten vorgesehen werden. Die Erzeugung von Unterdruck an den Hochpunkten z.B. bei der Spülung, also maximalem Durchfluss, muss begrenzt werden, um den Abriss der Strömung zu verhindern. Bei der Belüftung von Hochpunkten stellt sich ein vollkommen neues hydraulisches System ein, die einzelnen Rohrabschnitte werden hydraulisch getrennt und damit ist eine Regelung allein durch einen Endschieber nicht mehr möglich.

Des weiteren ergaben die Modellversuche am Hubert- Engels- Labor, dass der Luftaustrag bei zu geringen Neigungen weit geringer ausfällt als bei etwas steileren Neigungen. Somit sollte ein Leitungsabschnitt, der einem Hochpunkt folgt, ein Mindestgefälle erhalten.

Da die zur Verfügung stehende Energiehöhe bei Freigefälledruckleitungen feststeht, kann ein höherer Durchfluss zum Spülen nur durch das Öffnen des Regelschiebers erzeugt werden. Zum Erkennen von beginnenden Verstopfungen und Verstopfungsbereichen ist eine Online-Datenüberwachung der Druckwerte zu empfehlen. Der Anschluss an einen vorhandenen Spülstutzen, die Verkalbelung während der Baumaßnahme und die Anschaffungskosten dürften kein Problem darstellen. Die Vorteile liegen auf der Hand. Eine drohende Verstopfung oder ein Fließhindernis sind sofort erkennbar und sogar lokalisierbar. Eine sofortige Öffnung des Regelschiebers macht das Erreichen

einer Spülgeschwindigkeiten und den Austrag der Sedimente möglich, während es bei Nichterkennen der Ablagerung zu ihrer Verfestigung kommen kann.

Die Verringerung des Einlaufquerschnitts durch einen Schieber wie in Zschopau ist nicht nur hydraulisch bedenklich, sondern verringert auch die notfalls zur Verfügung stehende Druckhöhe. Eine andere Gestaltung zur Absicherung gegen das Eindringen von Grobkörpern, z. B. die Errichtung eines Grobrechens und eines Sandfanges, ist zu empfehlen. Daraus ergibt sich aber ein Wartungszwang für diese Anlagen, der trotz problemlosen Betriebs nicht vernachlässigt werden darf.

Die Freigefälledruckleitungen ermöglichen bei ausreichenden geografischen und hydraulischen Randbedingungen eine sichere und Kosten günstige Möglichkeit zur Abwasserüberleitung!

6 Literatur:

- Aigner, Detlef: Einsatzmöglichkeiten von Gefälledruckleitungen zur Abwasserüberleitung. Studie für das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie. Dresden, November 1998
- Aigner, D.: Freigefälledruckleitungen zur Abwasserüberleitung, Korrespondenz Abwasser 47, S. 876 bis 881
- Arbeitsbericht der ATV Arbeitsgruppe 1.1.6 "Besondere Entwässerungsverfahren - Druckluftgespülte Abwassertransportleitungen - Planung-, Bau- und Betriebsgrundsätze." Korrespondenz Abwasser 1/87 34. Jahrgang
- ATV-A116 „Besondere Entwässerungsverfahren Unterdruckentwässerung - Druckentwässerung“, September 1992
- ATV-Arbeitsblatt A 200: "Grundsätze für die Abwasserentsorgung im ländlichen Raum" Arbeitsblatt der Abwassertechnischen Vereinigung Mai 1977
- Bollrich, Gerhard: Technische Hydromechanik I, 4. Auflage. Verlag für Bauwesen Berlin 1996
- Bollrich, G.: Hydraulische Untersuchung von Heberauslässen bei Pumpstationen – Auszug aus Dissertation in: Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, Heft 1 1977
- DIN EN1671 „Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“, 1997
- Gandenberger, W.: Über die wirtschaftliche und betriebssichere Gestaltung von Fernwasserleitungen
- Hager, W. H.: Abwasserhydraulik Theorie und Praxis, 1994
- Krug, Roland : Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit langer Luftblasen und der Schwallströmung in horizontalen und mäßig geneigten Rohrleitungen. (Promotion), Hydraulik und Gewässerkunde Mitteilung Nr. 49 der TU München 1988.
- Krug, Roland: Abflußverhältnisse in druckluftgespülten Leitungen mit mehreren Hoch- und Tiefpunkten. Korrespondenz Abwasser 33 (1986) Heft 1
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW: Leitfaden für kostenminimierte Bauweisen – Pilotprojekt „Abwassersammlung und –transport im ländlich strukturierten Gebiet der Eifel“ , 1996,
- Wackernagel, Gisela; Schmidt, Heiko (plawac Chemnitz); Aigner, Detlef; Thumernicht, Sven: Geregelte Freigefälledruckleitung zur Abwasserüberleitung. KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 2001 (48) Nr.6, Seite 844-847
- Walther, G.; Günthert, F.W.: Neue Untersuchungen zur Selbstentlüftungsgeschwindigkeit in Trinkwasserleitungen, www.bauw.unibw-muenchen.de; 1999
- Wiesner, P.E. et al.: Removal of air from water lines by hydraulic means, Journ. of the hydraulic division, Proc. ASCE 101 HY2, S.243-257, 1975

Autoren:

Dr.-Ing. habil. Detlef Aigner

Dozent für Wasserbauliches Modellwesen
Institut für Wasserbau und Technische
Hydromechanik der TU Dresden
D 01062 Dresden

Tel.: ++49 – 351 – 463 34725

Fax: ++49 – 351 – 463 37124

E-Mail: Detlef.Aigner@mailbox.tu-dresden.de

Dipl.-Ing. Sven Thumernicht

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Institut für Wasserbau und Technische
Hydromechanik der TU Dresden
D 01062 Dresden

Tel.: ++49 – 351 – 463 34685

Fax: ++49 – 351 – 463 37124

E-Mail: Sven.Thumernicht@mailbox.tu-dresden.de